



Demand Forecasting Model dengan Pendekatan Sistem Dinamis untuk Mendukung Analisa Finansial dalam Pengembangan Infrastruktur Bandar Udara di Indonesia

Demand Forecasting Model with Dynamic Systems Approach to Support Financial Analysis in the Airport Infrastructure Development in Indonesia

Eny Yulawati

Puslitbang Perhubungan Udara, Jl. Merdeka Timur No. 5 Jakarta Pusat 10110

email: enjulia_2005@yahoo.co.id

INFO ARTIKEL

Histori Artikel:

Diterima: 6 Agustus 2015

Direvisi: 8 September 2015

Disetujui: 29 September 2015

Keywords:

airport infrastrcture, demand forecasting model, dynamic system

Kata kunci:

Infrastruktur bandara, model demand forecasting, sistem dinamis

ABSTRACT / ABSTRAK

The growth of air passengers has increased in line with the population and economic growth of the country. Revenue passenger kilometers (RPK) around in the world during ten years (2000-2010) grew on average of 4.7 % per year, and in the Southeast Asian region. RPK growth in the same period was 6.6% per year. The growth of passenger air transport is very rapid course must be balanced with the provision of air transport infrastructure, while the government budget in transport infrastructure sector has a constraint. Development of airports in Indonesia is still a burden for the reason it, needed the government's policy instruments if want to involve the role of private sector in the airport development. The one of policy istruments is define a model demand forecasting using a dynamic systems approach to support financial analysis in the development of airport infrastructure. Air traffic analysis is an important thing because concerning with the capacity utilization and it helps make decisions regarding the development of infratructure facilities. The robust model of demand forecasting could support to analyze a decision making on an airport development that involves the participation of private investment.

Pertumbuhan penumpang angkutan udara mengalami peningkatan sejalan dengan pertumbuhan penduduk dan perekonomian di suatu negara. *Revenue passenger kilometers* (RPK) wilayah Asia Tenggara dalam kurun waktu 10 Tahun (2000-2010) adalah sebesar 6,6 % per tahun. Pertumbuhan penumpang angkutan udara yang sangat pesat tersebut harus diimbangi dengan penyediaan infrastruktur transportasi udara, Namun saat ini alokasi anggaran pemerintah di bidang infrastruktur transportasi sangat terbatas. untuk itu diperlukan berbagai instrumen kebijakan apabila ingin melibatkan peran swasta. Salah satu upaya untuk mendukung keterlibatan peran swasta dapat dikembangkan model "*demand forecasting*" menggunakan pendekatan sistem dinamis guna mendukung analisa finansial dalam pengembangan infrastruktur bandar udara. Dengan model *demand forecasting* penumpang angkutan udara yang komprehensif tersebut diharapkan dapat membantu dalam menganalisa pengambilan sebuah keputusan dalam pengembangan bandar udara yang melibatkan peran serta investasi swasta.

PENDAHULUAN

Ketersediaan infrastruktur sangat mendukung kegiatan ekonomi suatu negara dan menentukan tingkat efisiensi dan efektivitas kegiatan ekonomi. Keberadaan infrastruktur sangat penting bagi pembangunan, sehingga pada tahap awal pembangunan infrastruktur di suatu negara diemban sepenuhnya oleh pemerintah yang dibiayai melalui APBN murni. Namun seiring dengan pertumbuhan ekonomi suatu negara, permintaan terhadap pelayanan infrastruktur akan mengalami peningkatan, dimana peningkatan permintaan pelayanan infrastruktur tersebut sering kali tidak dapat diimbangi dengan kemampuan pemerintah.

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan terbesar di dunia yang memiliki lebih dari 17.000 pulau, namun kondisi transportasi di Indonesia saat ini belum sepenuhnya mampu untuk mendukung pertumbuhan ekonomi. Sektor transportasi memegang peranan yang sangat penting, salah satunya adalah merupakan mata rantai dalam jaringan distribusi untuk pergerakan orang maupun barang. Dengan dikembangkannya fasilitas infrastruktur transportasi yang baik diharapkan kehidupan perekonomian bangsa akan semakin bergairah sehingga akan meningkatkan kesejahteraan rakyat. Darrin Grimsey dan Mervyn K. Lewis, 2000 menyatakan bahwa investasi infrastruktur diharapkan akan mampu menyediakan "*basic services*" terhadap industri dan rumah tangga, menjadi "*key input*" dalam ekonomi, dan "*crucial input*" terhadap aktivitas perekonomian dan perkembangannya. Meskipun "*basic*", "*key*", dan "*crucial*" bervariasi dari satu negara terhadap negara lainnya dan dari masa ke masa.

Proyeksi pertumbuhan ekonomi Indonesia pada tahun 2025 diperkirakan akan mencapai 7% hingga 8 % per tahun. Perkiraan angka pertumbuhan tersebut tentu membutuhkan anggaran investasi yang sangat besar untuk mengembangkan fasilitas infrastruktur di bidang transportasi. Kondisi anggaran investasi infrastruktur saat ini

sebesar Rp.511 triliun, sementara kebutuhan total investasi yang diperlukan sebesar Rp. 1.429 triliun sehingga terdapat gap pembiayaan (Bappenas, 2011). Gap pembiayaan tersebut diharapkan dapat didanai melalui pengembangan kerjasama pemerintah swasta maupun dari investasi murni swasta. Di sektor transportasi udara pertumbuhan penumpang angkutan udara mengalami peningkatan, pertumbuhan *Revenue Passenger Kilometers* (RPK) di seluruh dunia dalam kurun waktu 10 Tahun (2000-2010) tumbuh rata-rata 4,7 % per tahun, dan untuk wilayah Asia Tenggara pertumbuhan RPK dalam periode yang sama adalah sebesar 6,6 % per tahun (Badan Litbang Kementerian Perhubungan, 2011). Hal ini menunjukkan bahwa tingkat pertumbuhan lalu lintas angkutan udara di Asia Tenggara melebihi tingkat pertumbuhan dunia.

Dengan meningkatnya laju pertumbuhan penumpang udara akan memerlukan peningkatan kapasitas bandar udara. Menurut (Carson R.T. et.al, 2010) perkiraan potensi permintaan penumpang angkutan udara merupakan masukan yang sangat penting dalam suatu keputusan pengambilan kebijakan, yaitu salah satunya adalah untuk membangun atau mengembangkan sebuah bandar udara.

Salah satu upaya untuk mendukung keterlibatan peran swasta untuk berinvestasi di bidang infrastruktur transportasi, dapat dikembangkan model "*demand forecasting*" penumpang angkutan udara melalui pendekatan sistem dinamis. Keunggulan dari pengembangan model *demand forecasting* dengan pendekatan sistem dinamis, variabel yang digunakan untuk mengukur potensi *demand* ditentukan melalui proses *systems thinking* yaitu penentuan variabel dengan logis, sistematis dan realistis. Sistem yang bersifat kompleks dan dinamis dapat diuji sehingga dapat menghasilkan suatu model *demand forecasting* penumpang angkutan udara yang komprehensif.

Merujuk pada permasalahan dan fenomena tersebut maka diperlukan suatu

penelitian ilmiah dengan merumuskan model *demand forecasting* yang mempertimbangkan variabel yang bersifat dinamis agar dapat mendukung analisa finansial dalam pengembangan infrastruktur bandar udara di Indonesia.

TINJAUAN PUSTAKA

Dynamics System

Metode sistem dinamis pertama-tama dikembangkan oleh Jay Forrester pada tahun 1960 dengan konsep utama pada *feedback system* dan membangun simulator sistem yang kemudian menghasilkan teori formal sistem dinamis (*Industrial Dynamic: A Mayor Breakthrough for Decision Makers*). Penerapan sistem dinamis pada masalah organisasi dan manajemen mulai mendapat perhatian sejak (Peter Senge, 1996) memperkenalkan *learning organization*. Metode ini memudahkan pemahaman berpikir sistem (*system thinking*) serta membantu dalam implementasi organisasi pembelajaran (*learning organization*). Terdapat 5 (lima) tahap dalam pemodelan sistem dinamis (Aminullah, 2000), yaitu:

1. Identifikasi Pola Referensi dari Histori

Langkah ini mengidentifikasi pola histori atau pola hipotesis yang menggambarkan perilaku permasalahan (*problem behavior*) dimana permasalahan tersebut harus memiliki perilaku yang secara kuantitas (atau dapat dikuantitaskan) berubah terhadap perubahan waktu.

2. Identifikasi Pola Dasar (*Archetype*)

Pada langkah ini pola dasar dinamik yang diajukan mungkin belum tepat sekali, beberapa perulangan (iterasi) dari formulasi, perbandingan dengan bukti-bukti empiris dan reformulasi akan ditempuh untuk sampai kepada suatu pola dasar yang logis dan sah secara empiris.

3. Membuat Struktur Umpan Balik Model

Setelah batas model didefinisikan, selanjutnya struktur simpul umpan balik (*feedback loops*) yang berinteraksi akan dibentuk. Struktur umpan balik ini merupakan blok pembentuk model yang diungkapkan melalui lingkaran-lingkaran

tertutup. Simpulan umpan balik tersebut menyatakan hubungan sebab akibat dari variabel-variabel yang melingkar, bukan menyatakan hubungan karena adanya korelasi-korelasi statistik.

4. Identifikasi *Level*, *Rate* dan Variabel lainnya

Untuk mempresentasikan sistem dalam suatu lingkaran umpan balik digunakan dua jenis variabel utama yang disebut *level* dan *rate*. *Level* menyatakan kondisi sistem pada setiap saat, sedangkan *rate* menyatakan aktifitas sistem. *Rate* adalah satu-satunya variabel dalam model yang dapat mempengaruhi *level*. Variabel lainnya atau variabel perantara (*intermediate variables*) adalah informasi yang mempengaruhi/dipengaruhi oleh *rate/level* dalam batas model.

5. Simulasi Model dan Analisis

Setelah model dari suatu persoalan dapat diformulasikan, pada langkah ini suatu kumpulan pengujian dilakukan terhadap model untuk menegakkan keyakinan terhadap kelebihan model dan sekaligus pula mendapatkan pemahaman terhadap tendensi-tendensi internal sistem. Hal ini diperlukan dalam upaya untuk membandingkan dengan pola referensi dan terus menerus memodifikasikan dan memperbaiki struktur model.

Definisi *Public Private Partnerships*

Definisi dari istilah *Public Private Partnership* bervariasi dan berkembang, (Bult-Spiering, M. & Dewulf, G., 2006) menyatakan bahwa *Public Private Partnerships* dibangun dari 4 (empat) elemen utama yaitu : (1) *actors*; (2) *network*; (3) *project*; dan (4) *relationship*. *Actors* utama PPP adalah sektor publik (pemerintah) dan sektor privat (swasta) dimana masing-masing mempunyai tujuan, kepentingan, dan struktur organisasi yang berbeda.

Menurut (Osborne, 2000), pengertian kerjasama pemerintah dari sudut pandang "*management reform*" adalah *contractual arrangements, alliances, cooperative agreements and collaborative activities used for*

policy development, programme support and delivery of government programmes and services". Sementara itu keterlibatan sektor swasta dalam penyediaan layanan publik bukanlah konsep baru, PPP telah digunakan selama lebih dari empat dekade, dimulai pada tahun 1970 di Amerika Serikat. Pada awalnya berfokus pada infrastruktur ekonomi, kemudian berevolusi mencakup pengadaan aset-aset infrastruktur sosial dan pelayanan yang terkait lainnya. PPP terus berkembang sampai pada bidang penyediaan perumahan, kesehatan, fasilitas korektif, energi, air, dan pengelolaan sampah.

(OECD, 2009), di negara-negara berkembang, hal tersebut mulai diperkenalkan pada pertengahan tahun 1980 dimana pertama kalinya diawali dengan melakukan privatisasi BUMN (perusahaan negara). Adopsi PPP kedalam BUMN dilakukan melalui reformasi manajemen hal tersebut dimaksud untuk mengurangi tingkat ketergantungan dan subsidi dari pemerintah.

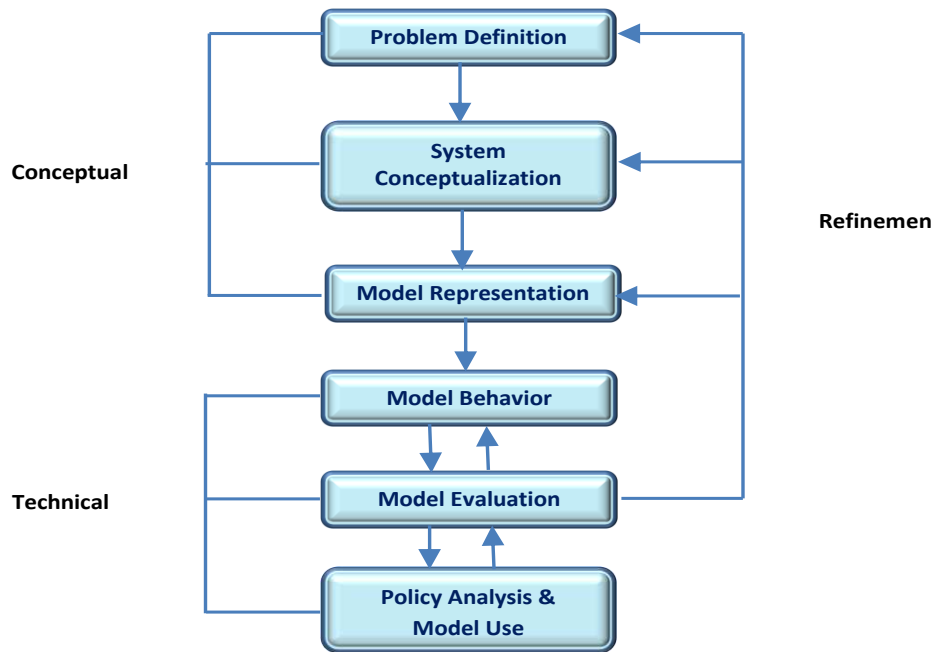
(E.R.Yescombe 2007), memberikan pengertian kerjasama pemerintah swasta sebagai kontrak jangka panjang antara sektor pemerintah dengan swasta dimana desain, konstruksi, pembiayaan, dan operasional dilaksanakan oleh pihak swasta. Pembayaran selama masa kontrak penggunaan fasilitas, dilakukan baik oleh pemerintah atau masyarakat umum sebagai pengguna fasilitas kemudian pada masa akhir kontrak akan terdapat alih kepemilikan dari pihak swasta kepada pemerintah.

Menurut (Cumming, 2007), keuntungan dari adanya kerjasama antara pihak pemerintah dengan swasta sendiri adalah dapat melakukan berbagai efisiensi sumber daya, seperti misalnya pemerintah dapat lebih berkonsentrasi pada penyelenggaraan pemerintahan atau kebijakan dan tidak perlu mengandalkan sumber dayanya sendiri dalam penyelenggaraan penyediaan fasilitas publik. (Edkins dan Smyth, 2006),

keterlibatan pihak swasta, aset pemerintah, data dan kekayaan intelektual dapat digunakan lebih optimal yang mengarah kepada peningkatan substansial dalam kualitas pelayanan dan fasilitas publik. Menurut (Shen, 2006) di sisi lain, dengan menggunakan keterampilan, pengalaman, teknologi dan inovasi, yang tepat dari sektor swasta, pelayanan publik dapat disediakan dengan lebih memuaskan, keuntungan lainnya adalah baik sektor publik dan swasta dapat berbagi risiko pada tahapan yang berbeda.

METODOLOGI

Langkah dalam melakukan penelitian adalah dengan mengembangkan kriteria variabel dan mengidentifikasi variabel yang akan digunakan dalam mendesain konsep model. Rancangan model dikembangkan berdasarkan teori-teori yang terkait dengan topik penelitian. Dalam penelitian ini mengembangkan model sistem dinamis untuk *demand forecasting* penumpang angkutan udara guna mendukung analisa finansial pada pengembangan infrastruktur bandar udara di Indonesia yang melibatkan peran swasta. Dalam menentukan kriteria variabel diuji dengan menggunakan pendekatan pakar dan *focus group discussion* dengan pihak yang terkait langsung dalam pengelolaan bandar udara. Hal tersebut dimaksud untuk menguji apakah variabel yang digunakan relevan dengan gambaran nyata di lapangan. Selain itu melakukan uji korelasi variabel berpengaruh menggunakan uji statistik untuk menentukan variabel yang dianggap penting atau sangat berpengaruh terhadap demand penumpang angkutan udara. Setelah mengidentifikasi variabel-variabel kunci tersebut, langkah selanjutnya adalah membangun mental model (*system thinking*) dalam bentuk *causal loop diagram* kedalam beberapa sub-model.



Gambar 1. Tahapan proses pemodelan

Gambar 1 menunjukkan langkah-langkah proses permodelan sistem dinamis. Beberapa tahapan dalam pengembangan model ini yaitu :

1. Menjelaskan permasalahan dan mengidentifikasi variabel-variabel yang berdampak pada suatu masalah.
2. Membangun struktur model. Struktur model ini menggambarkan :
 - a. Subsistem-subsistem model dengan variabel-variabel serta parameter-parameter di dalamnya.
 - b. Pola keterkaitan antar subsistem dan antar variabel model, yang diformulasikan dalam bentuk *causal loop diagram* (CLD).
3. Membangun model simulasi/formulasi model. Tahapan ini dilakukan dengan :
 - a. Memformulasikan model.
 - b. Membangun model simulasi dalam bentuk *stock flow diagram*.
4. Melakukan verifikasi dan validasi model matematis.
5. Simulasi model untuk mendisain berbagai alternatif skenario dalam pengambilan keputusan yang paling baik dan menguntungkan sehingga diperoleh langkah kebijakan yang optimal.

PEMBAHASAN

Konsep *demand forecasting* penumpang angkutan udara ini sebagai upaya dalam mengantisipasi kebutuhan pergerakan permintaan penumpang angkutan udara pada saat ini maupun periode yang akan datang. Seiring dengan peningkatan jumlah pergerakan penumpang angkutan udara, maka diperlukan pengembangan infrastruktur bandar udara baik dari sisi udara maupun sisi darat. Seiring dengan perubahan dalam pengelolaan bandar udara, investasi dalam pengembangan infrastruktur telah mengalami perubahan paradigma, yang semula merupakan wewenang pemerintah saat ini telah bergeser dengan melibatkan peran swasta dalam mengembangkan penyediaan infrastruktur bandar udara. Namun untuk melibatkan pihak swasta dalam pengembangan infrastruktur bandar udara ini bukan hal yang mudah, mengingat investasi di bidang infrastruktur bandar udara memerlukan modal yang besar dan jangka waktu yang panjang. Pengembangan model *demand forecasting* yang dibangun diharapkan dapat membantu dalam pengambilan kebijakan terkait dengan pengembangan bandara dengan melibatkan peran swasta.

Terdapat tujuh subsistem yang saling berkaitan dalam model *demand forecasting* pengembangan infrastruktur bandar udara yang dibangun (Gambar 2) yaitu Subsistem sosioekonomi, subsistem *level of service*, subsistem tarif penerbangan, subsistem *air traffic demand*, subsistem *congestion*, subsistem investasi infrastruktur bandar udara dan subsistem evaluasi biaya dan manfaat.

a. Subsistem sosioekonomi

Adanya perubahan kondisi dan mobilitas ekonomi yang diindikasikan dengan peningkatan GDRB akan berpengaruh terhadap peningkatan permintaan perjalanan penumpang angkutan udara. Adapun formulasi kuantitatif (*equation*) dari variabel GDRB dan populasi adalah sebagai berikut.

$$\text{GDRB}_{(t)} = \text{GDRB}_{(t-dt)} + (\Delta \text{GDRB}) * t \quad (1)$$

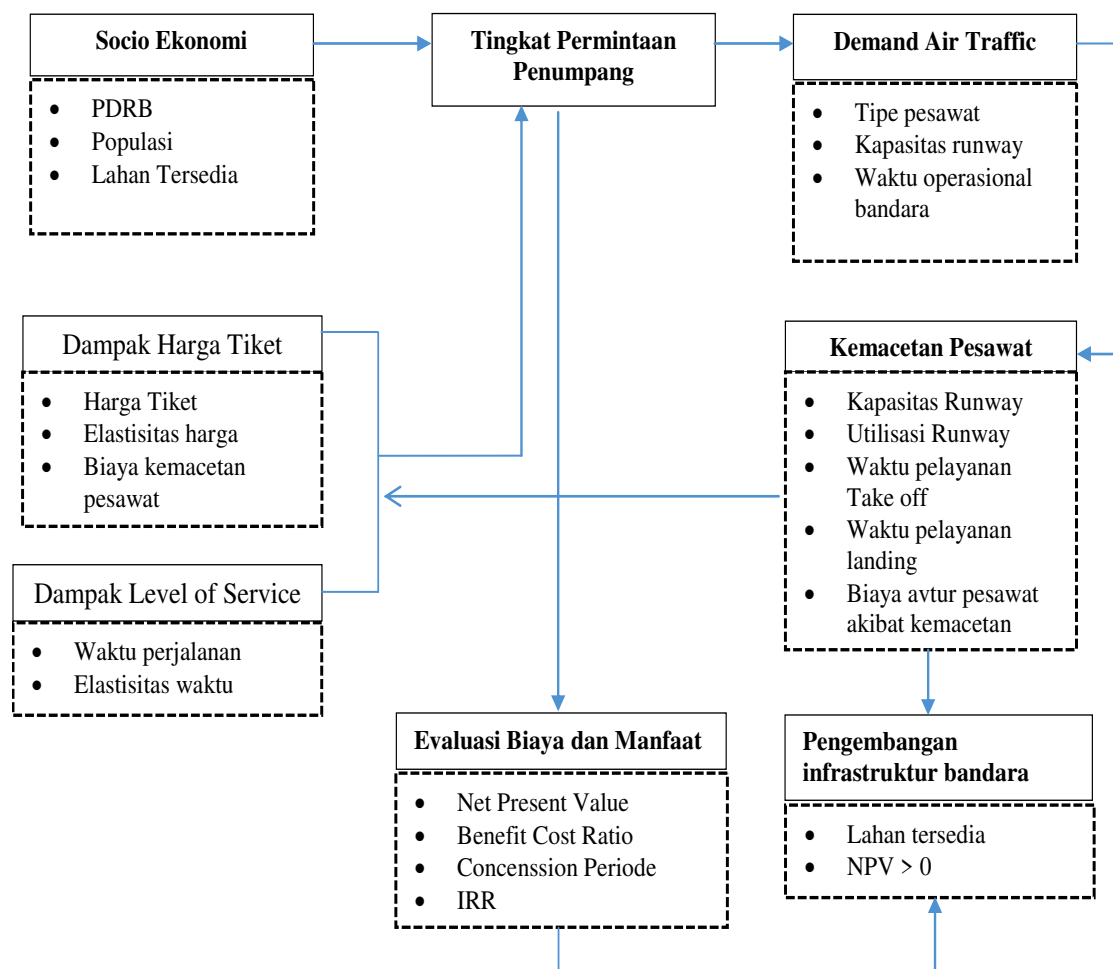
$$\Delta \text{GDRB} = \frac{\text{GDRB growth}}{100} \times \text{GDRB} \quad (2)$$

dimana:

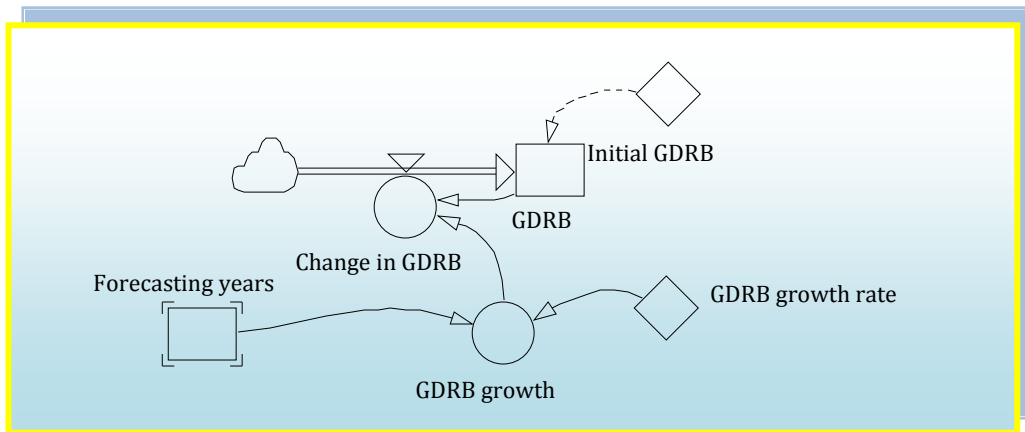
GDRB_t = Produk domestik regional bruto pada tahun t

ΔGDRB = Perubahan nilai GDRB (meningkat/menurun)

Sementara itu bertambahnya penduduk juga berdampak pada jumlah mobilitas penduduk dalam melakukan aktivitasnya, seperti ditunjukkan pada Gambar 3 yang menggambarkan *stock flow diagram* untuk faktor GDRB.



Gambar 2. Subsistem Model Air Passenger Demand Forecasting



Gambar 3. Stock flow diagram (SFD) GDRB

Sementara pada faktor populasi dipengaruhi oleh tingkat kelahiran dan kematian, adapun formulasi dan *flow chart diagram* populasi, adalah sebagai berikut:

$$\text{Pop}_t = \text{Pop}_{(t-\delta t)} + (\text{births} - \text{deaths}) \times \delta t \quad (3)$$

$$\text{Births} = \text{if} \left(\text{forecasting years} < 0, \frac{\text{births rate}}{1000} \times \text{Pop} \right) \quad (4)$$

$$\text{Deaths} = \text{if} \left(\text{forecasting years} < 0, \frac{\text{deaths rate}}{1000} \times \text{Pop} \right) \quad (5)$$

dimana:

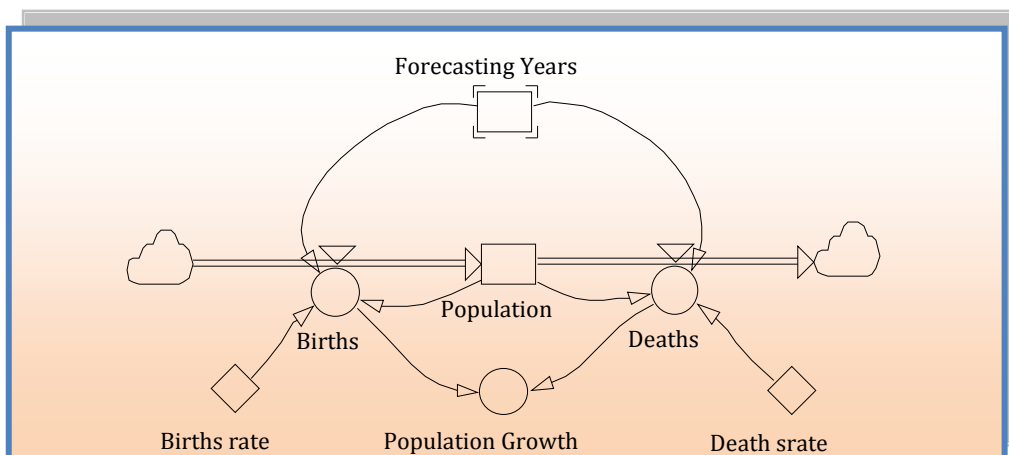
Pop_{t ke-t} = Penduduk pada tahun

Births = Angka kelahiran

Deaths = Angka kematian

Births rate = Tingkat kelahiran

Deaths rate = Tingkat kematian



Gambar 4. Stock flow diagram (SFD) populasi

b. Subsistem *level of service*

Dalam menghitung dampak *level of service* terhadap demand penumpang angkutan udara digunakan entitas waktu perjalanan (*travel time*) yang diukur menggunakan pendekatan elastisitas harga (*price elasticity*) dan elastisitas waktu (*time elasticity*).

Keterlambatan dalam pelayanan penerbangan merupakan salah satu entitas dari pelayanan suatu jasa penerbangan. Akibat adanya keterlambatan waktu penerbangan akan membawa konsekuensi bagi para penumpang, yang tentu saja akan berpengaruh terhadap kepuasan penumpang

dalam menilai pelayanan jasa penerbangan dan sebagai dampaknya akan mempengaruhi pula perilaku dalam pengambilan keputusan melakukan perjalanan menggunakan jasa penerbangan berikutnya. Untuk itu perlu dihitung dampak yang ditimbulkan akibat adanya keterlambatan terhadap potensi permintaan penumpang angkutan udara.

Elastisitas waktu dalam permintaan penumpang angkutan udara adalah persentase perubahan total permintaan akibat terjadi 1 % perubahan pada waktu perjalanan. Untuk menentukan dampak *level of service* digunakan fungsi matematis sebagai berikut:

Level of service impact

$$= \varepsilon \text{ time} \times \Delta \text{ travel time} \quad (6)$$

$$\varepsilon \text{ time} = \frac{\frac{\Delta(Qd_2 - Qd_1)}{Qd_1}}{\frac{P_2 - P_1}{P_1}} \quad (7)$$

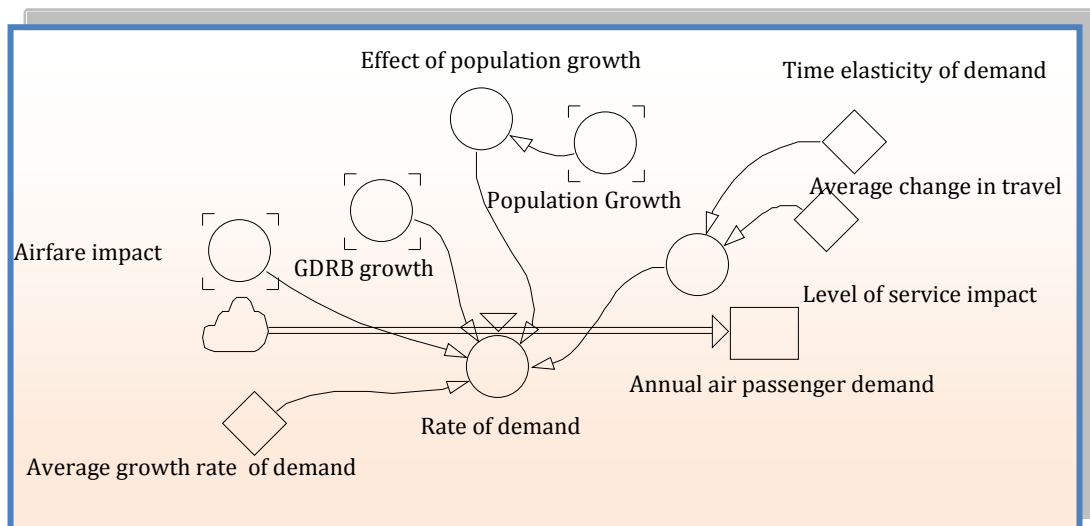
dimana:

$\varepsilon \text{ time}$ = Elastisitas waktu permintaan penumpang angkutan udara

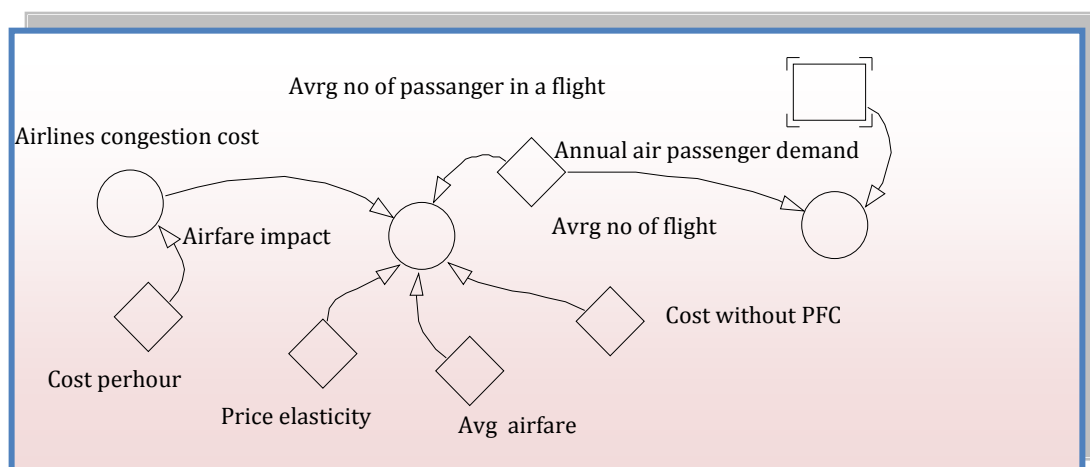
$\Delta \text{ travel time}$ = Prosentase perubahan waktu perjalanan

ΔQd = Prosentase perubahan permintaan jasa angkutan udara

P_1 dan P_2 = Tingkat Harga yang berlaku (sebelum dan sesudah)



Gambar 5. Stock flow diagram (SFD) Level of Service



Gambar 6. Stock flow diagram (SFD) tarif penerbangan

c. Subsistem Tarif Penerbangan

Naiknya tarif penerbangan akan berimbas kepada permintaan penumpang angkutan udara. Hal tersebut didasarkan pada penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang menunjukkan bahwa terdapat respon yang signifikan dari jumlah permintaan angkutan udara akibat perubahan harga tiket pesawat. Dalam membangun *stock flow diagram* subsistem dampak dari tarif penerbangan terdiri dari interaksi variabel harga tiket, nilai elastisitas harga serta biaya akibat adanya antrian pesawat disaat *landing* maupun *take off*. Berikut pada gambar 6 mengilustrasikan *stock flow diagram* pada subsistem dampak tarif penerbangan tersebut.

d. Subsistem *air traffic demand*

Kapasitas *runway* merupakan faktor yang bersifat konstan atau terbatas sehingga permintaan layanan *runway* yang melebihi kapasitas akan berdampak terhadap *congestion*. Dmpak *congestion* tentu saja adalah meningkatnya biaya operasional maskapai penerbangan dan secara tidak langsung tentu saja akan berdampak pada kenaikan tarif yang imbasnya akan berpengaruh kepada permintaan penumpang angkutan udara. Sementara itu, interaksi antar variabel yang membentuk subsistem *air traffic demand*

dijelaskan melalui formulasi model berikut ini:

$$RW \text{ Utilization} = \frac{\text{Flights avr per day}}{RW \text{ Cap}} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \text{Flights avr per day} \\ = \frac{\text{Annl air pax dmd}}{(365 \times \text{Avr no of pax per flight})} \end{aligned} \quad (9)$$

$$RW \text{ Cap} = \frac{\text{Max no of flights}}{\text{hour}} \times \text{Airport operational hour} \quad (10)$$

dimana:

RW Utilization = Utilisasi *Runway*

RW Cap = Kapasitas *Runway*

Flights avr per day = Rata-rata jumlah penerbangan per hari Rata-rata penerbangan per hari yang dilayani

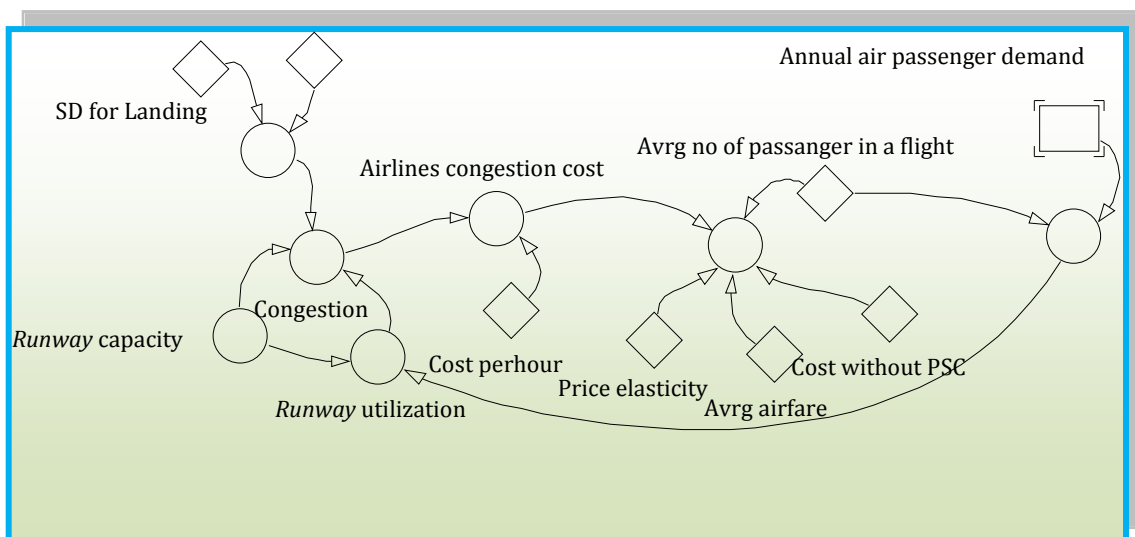
Annl air pax dmd = Rata-rata jumlah penumpang per tahun

Avr no of pax per flight = Rata-rata jumlah penumpang per penerbangan

Max no of flight = Jumlah maksimum penerbangan yang dilayani

Airport operational hour = Jam operasi bandara.

Adapun *stock flow diagram* dari subsistem *air traffic demand* ditunjukkan pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Stock flow diagram (SFD) subsistem *air traffic*

e. Subsistem *congestion*

Congestion pesawat adalah waktu tunggu (lalu lintas pada waktu jam sibuk) untuk setiap pesawat ketika menggunakan fasilitas *runway*. *Congestion* pada bandar udara terutama terjadi sejak diperkenalkannya pesawat jet untuk menggantikan pesawat propeller yang berimbas terhadap kegiatan pergerakan pesawat dalam industri penerbangan. Kapasitas pelayanan di bandar udara yang tidak mampu melayani lonjakan aktifitas pergerakan pesawat akan berakibat pada terjadinya keterlambatan atau *delay*. Istilah kapasitas disini digunakan untuk menentukan kemampuan suatu fasilitas pelayanan dalam jangka waktu tertentu.

Dalam bukunya Larson dan Odini (1981), waktu tunggu diperoleh dengan menggunakan rumus sistem antrian M/G/1 dengan menggunakan distribusi Poisson. Berikut ini adalah formulasi dari subsistem antrian pesawat (*congestion*) yang didasarkan atas teori antrian (Larson & Odini, 1981).

$$W_q = \frac{\lambda \cdot \left[\left(\frac{1}{\mu} \right)^2 + \sigma^2 \right]}{2 \cdot (1 - \rho)} \quad (11)$$

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \text{Congest cost per hour} \\ &= \text{congestion} \\ &\times \text{cost per hour} \end{aligned} \quad (13)$$

dimana:

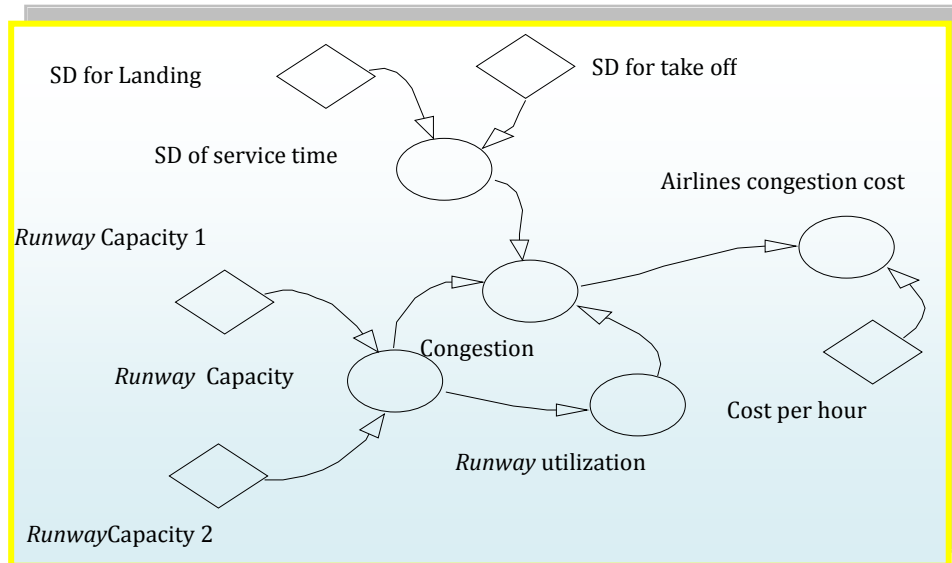
W_q	=	<i>Waiting queue</i> (waktu antrian/tunggu)
λ	=	Rata-rata <i>landing/take-off aircraft demand</i> yang dihitung dengan menggunakan distribusi poisson.
μ	=	Kapasitas <i>runway</i> .
σ^2	=	Standar deviasi waktu pelayanan
ρ	=	Ratio utilisasi.

Dengan timbulnya antrian pesawat tentu akan mengakibatkan keterlambatan (*delay*), dengan demikian "*delay*" berkaitan erat pula dengan kapasitas *runway*. Agar kapasitas *runway* dapat memenuhi permintaan pergerakan pesawat udara (*aircraft demand*) dengan tipe pesawat yang bervariasi tanpa *delay*, pada umumnya diperlukan fasilitas *runway* yang mencukupi, yang mana secara ekonomis akan sukar diwujudkan. Dengan demikian *delay* sering terjadi dalam suatu sistem transportasi pergerakan pesawat udara. Untuk itu diperlukan suatu upaya untuk meminimumkan *delay* dengan cara mengatur sistem lalu lintas berdasarkan kapasitas yang tersedia, sehingga dapat mengakomodir jumlah pergerakan penumpang, cargo dan pesawat udara.

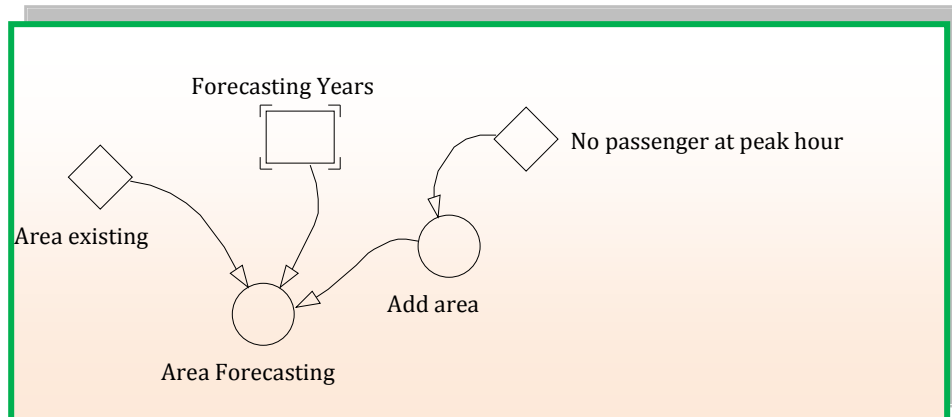
Pada Gambar 8 ditampilkan subsistem antrian pesawat (*congestion*) yang menggambarkan sistem pergerakan pesawat pada *runway* dalam lalu lintas pergerakan pesawat udara.

f. Subsistem investasi infrastruktur bandara

Subsistem investasi infrastruktur bandara menggambarkan konsep pengembangan infrastruktur bandara yang akan dilakukan. Pengembangan infrastruktur bandara dilakukan berdasarkan perkembangan angkutan udara, dan selalu dievaluasi setiap 5 tahun dengan mempertimbangkan prioritas kebutuhan dan kemampuan dana yang tersedia. Penggunaan lahan mengikuti rencana induk (*masterplan*) pembangunan dan pengembangan bandar udara. Ketika tahap pengembangan, sering terjadi rencana induk (*masterplan*) bandar udara yang telah dibuat meleset dari prediksi yang telah ditetapkan, khususnya dalam hal ketersediaan lahan. Hal tersebut terjadi karena prediksi pertumbuhan penumpang melebihi rencana induk yang telah dibuat, sehingga timbul masalah dalam perluasan lahan ketika harus dilakukan pengembangan infrastruktur bandar udara. Untuk itu ketersediaan lahan menjadi salah satu faktor yang diamati.



Gambar 8. Stock flow diagram (SFD) subsistem congestion



Gambar 9. Stock flow diagram (SFD) subsistem investasi infrastruktur bandar udara

g. Subsistem evaluasi biaya dan manfaat

Subsistem evaluasi manfaat-biaya menggambarkan instrumen finansial yang terdiri dari NPV, BCR dan IRR. Dengan subsistem evaluasi manfaat-biaya ini akan diketahui apakah pihak swasta dapat berperan serta dalam investasi pengembangan infrastruktur bandar udara. Untuk menggambarkan subsistem ini variabel yang akan dipergunakan adalah *airport revenue*, *airport expenditure* dan *disconto interest rate*. Instrumen finansial tersebut (NPV, BCR, IRR) mempertimbangkan $NPV \geq 0$ untuk dapat melibatkan peran swasta dalam investasi pengembangan infrastruktur bandar udara. Berikut adalah persamaan fungsi matematis

dari subsistem evaluasi biaya dan manfaat tersebut.

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{(C_i)_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{(C_o)_t}{(1+i)^t} \quad (14)$$

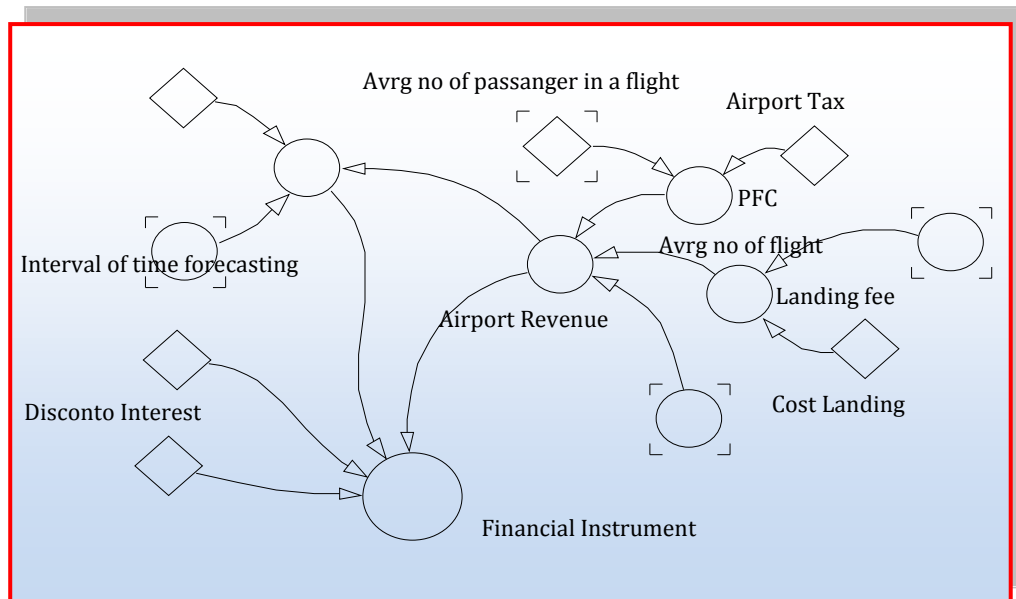
$$NPV = \sum_0^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^n} \quad (15)$$

$$IRR = \sum_0^n \frac{B_t - C_t}{(1+IRR)^n} = 0 = NPV \quad (16)$$

dimana:
 NPV = Nilai sekarang bersih
 (Ci)t = Aliran kas masuk
 tahun ke-t
 (Co)t = Aliran kas keluar
 tahun ke-t
 n = Umur ekonomi (tahun operasi)
 t = Waktu (periode)
 C = Biaya pengeluaran
 CF = Pendapatan
 R = Tingkat bunga yang dicari

Bt = Pendapatan pada tahun ke-t
 Ct = Biaya pengeluaran pada tahun ke-t
 i = Bunga bank per tahun (*discount rate*)
 IRR = Tingkat *discount rate*

Selanjutnya, *stock flow diagram* subsistem evaluasi biaya dan manfaat dijelaskan pada Gambar 10.



Gambar 10. *Stock flow diagram* (SFD) subsistem evaluasi biaya dan manfaat

Ketujuh subsistem tersebut merupakan representasi dari kinerja bandar udara. Dari model demand forecasting tersebut nantinya dapat diterapkan dengan mengambil suatu kasus bandara. Dengan menguji model pada kasus bandara tertentu maka dapat digunakan untuk mengamati masing-masing perilaku-perilaku subsistem model. Dengan mengamati kecenderungan perilaku subsistem tersebut dapat digunakan untuk memprediksi kecenderungan kinerja finansial bandara. Kecenderungan kinerja finansial tersebut dapat untuk mengamati kemungkinan keterlibatan peran swasta dalam melakukan investasi pengembangan infrastruktur pada bandara kasus.

KESIMPULAN

Model demand forecasting dengan pendekatan sistem dinamis menggambarkan dari suatu sistem kinerja bandar udara. Terdapat tujuh (7) subsistem yaitu subsistem socioekonomi, subsistem *level of service*, subsistem tarif penerbangan, subsistem *air traffic demand*, subsistem *congestion*, subsistem investasi infrastruktur bandar udara dan subsistem evaluasi biaya dan manfaat, dimana masing-masing subsistem mempunyai perilaku atau behavior over time. Perilaku tersebut dapat untuk memprediksi pengembangan dari bandara udara kedepan. Muara dari subsistem adalah subsistem evaluasi biaya dan manfaat menggambarkan instrumen finansial yang

terdiri dari NPV, BCR dan IRR. Evaluasi biaya dan manfaat untuk mengetahui apakah pihak swasta dapat berperan dalam investasi pengembangan infrastruktur bandar udara.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminullah, E. (2003). *Berpikir Sistem dan Pemodelan Dinamika Sistem*. Program Pascasarjana, Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor (IPB), Bogor.
- Badan Litbang Kementerian Perhubungan (2011). *Upaya memenuhi pertumbuhan permintaan jasa angkutan udara penumpang, Round table discussion*, Jakarta.
- Bappenas, Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (2011). *Penguatan Konektivitas Nasional*. Jakarta, Indonesia.
- Bult-Spiering, M. & Dewulf, G. (2006), *Strategic Issues in Public-Private Partnerships : An International Perspective*. Blackwell Publishing Ltd, Oxford.
- Carson R.T. et.al. (2010) Forecasting (aggregate) demand for US commercial air travel. *International Journal of Forecasting*.
- Cumming, D., 2007. Government policy towards entrepreneurial finance. Innovation investment funds. *Journal of Business Venturing* 22 (2), 193–235.
- Edkins, A.J., Smyth, H.J., 2006. Contractual management in PPP projects: evaluation of legal versus relational contracting for service delivery. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice* 132 (1), 82–93
- Grimsey, D. and M.K. Lewis (2000), *The Risk of Public Private Partnerships for Infrastructure Projects*, International Journal of Project Management, Australia.,
- Kambiz E. Maani, Robert Y. Cavana (2000). *Systems Thinking and Modelling*. Prentice Hall, New Zealand.
- Kazda, A & Caves, R.E. (2007) *Airport Design and Operation*. Oxford, UK: Emerald Group Pub Ltd.
- Larson, R. and Odini A.R., (1981), *Urban Operation Research*, Prentice Hall, New Jersey.
- OECD (2009): *Bridging State capacity Gaps in Situations of Fragility, Partnership for Democratic Governance Experts Series Vol. 1*.
- Osborne S.P., 2000. *Public-Private Partnerships, Theory and Practice in International Perspective*, Routledge Advances in Management and Business Studies, Routledge, Oxon.
- Senge, Peter. Dec. 1996. *Leading Learning Organizations*. Training & Development, Vol. 50, No. 12, pp. 36-4.
- Shen, L.Y., Platten, A., Deng, X.P., 2006. Role of public private partnerships to manage risks in public sector projects in Hong Kong. *International Journal of Project Management* 24 (7), 587–594
- Yescombe, E.R. (2002), *Principles of Project Finance*. Academic Press Publisher, London.

